

奥能登地域の人工林にみられる下層植生の地理的差異

荒木祐二^{1*}・長岡一樹¹・塚脇真二²

2017年9月22日受付, Received 22 September 2017

2018年2月17日受理, Accepted 17 February 2018

Geographical Differences in the Undergrowth Vegetation of Artificial Forests on the Noto Peninsula in Ishikawa Prefecture, Japan

Yuji ARAKI^{1*}, Kazuki NAGAOKA¹, Shinji TSUKAWAKI²

Abstract

The Noto Peninsula, situated in an intermediate-temperate forest region in the north of Japan, was designated as an area containing “Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS)” by the Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nations (UN) in 2011. Nonetheless, despite this status, artificial forests on the peninsula are being abandoned and suffer from poor undergrowth vegetation. Therefore there are concerns that the forests are losing their original functions such as the development of water catchment areas and the prevention of surface soil erosion. In order to make a contribution to sustainable artificial forestry management, this study aimed to clarify the relationship between undergrowth vegetation and the topography in the artificial forests of the Noto Peninsula. Undergrowth vegetation was investigated using phytosociological methods in 27 randomly set 100m² quadrats in September and October 2015. As a result, the undergrowth vegetation in an artificial forest of the Noto Peninsula was classified into three vegetation types: (1) a high-altitude area type, (2) a low-altitude area in the peninsula’s northern outer region (“sotoura”) type, and (3) a low-altitude area in the peninsula’s southern inner region (“uchiura”) type. The differences in species composition between the vegetation types is mainly defined by the sea level, secondary to have been located at a position facing the seaside.

Key Words: artificial forest, intermediate-temperate forest, Noto peninsula, topography, undergrowth vegetation

キーワード: 下層植生, 地形, 人工林, 中間温帯域, 能登半島

¹埼玉大学教育学部(金沢大学環日本海域環境研究センター外来研究員) 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 (Faculty of Education, Saitama University / Visiting Researcher, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 255 Simo-okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570 Japan)

²金沢大学環日本海環境研究センター連携部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Department of Inter-institutional Collaboration, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

*連絡著者 (Author for correspondence)

I. はじめに

人工林はかつて木材生産の場として活用されたが、20世紀末ごろからは持続可能な森林生態系の管理対象へと変化してきた(谷口, 2007)。モントリオール・プロセスでは、原生的自然のみならず二次的自然も視野に入れ、持続可能な森林管理の概念とともに生物多様性を保全し、森林生態系の機能や構造を損なわない理念が提唱されている。我が国では、「森林・林業基本計画」において生物多様性の保全といった公益的機能の一層の発揮を図るため、自然条件等を踏まえつつ、育成単層林の一部を育成複層林へ誘導することをめざしている(林野庁編, 2015)。

人工林の下層植生は、森林資源の副次的要素として扱われることが多かったが、表土流亡を防止したり、人工林の種多様性の維持に大きな役割を担ったりすることが明らかにされている(城田ほか, 2012)。とりわけ、人工林内にみられる下層植生の種組成や垂直的構造は、森林機能を評価する上で重要な指標の一つとなる(山川ほか, 2009)。ただし、林内の種組成は、海岸地域や山間地域といった地理的条件に加え、斜面方位や傾斜などの微地形に応じて種組成に差異がみられる(沼田・中村, 1992)ことから、地理的分布や立地と関連付けて下層植生を捉える必要がある。平田ほか(2006)は関東地方東部において人工林の種組成や地理的分化と気候要因との関係を明らかにしている。また、多雪地帯のスギ人工林皆伐跡地において、標高の違いにより種子散布型の種数が異なることが報告されている(小谷, 2009)。スギ人工林内には多くの広葉樹が侵入していることが知られ(下田・奥田, 2001; 齋藤ほか, 2004; 平田ほか, 2006)、侵入広葉樹は耐陰性を有するか、偶発的に出現した林冠ギャップを一早く占有する性質を持っていることにより林内での生存率を高めることが指摘されている(小谷・高田, 2000)。しかし、人工林の生物多様性の変化や植生の種構成に着目した研究は近年緒についたばかりであり、施業技術の確立に向けて地域固有の環境に成立する下層植生に関するさらなるデータの蓄積が求められている(長池, 2000, 2002)。

石川県北部に位置する能登半島は、常緑広葉樹林帯と落葉広葉樹林帯が混交する中間温帯域に位置し、豊かな生物多様性を維持している(福嶋・岩瀬, 2005)。

奥能登地域にはブナクラス域とヤブツバキクラス域が混交し、比較的狭い範囲内で潜在自然植生の差異が確認される事象は植生学的にみて興味深い。また、この地域ではスギを中心とする針葉樹人工林が海岸部から山間地域にかけて幅広く造成されている。自然林がほとんど残されていない当該地域において、人工林が自然林構成種にとっての重要なハビタットとなる可能性がうかがえる。しかし、人工林の管理は高齢化に伴う農林業従事者の減少により放棄されつつあり、下層植生が貧弱となって土壌の流出防止機能や水源涵養機能などの喪失が懸念される(梶原ほか, 1999; 武内, 2013)。

そこで本研究では、奥能登地域においてスギ人工林の下層植生を対象とした植生調査を実施し、標高や立地に着目した下層植生の地理的差異を明らかにすることを目的とした。

II. 調査地の概要

能登半島は、長年にわたり自然と調和した農業、林業、漁業が営まれ、独自性のある豊かで多様な農法、漁法、土地利用、資源管理、生活様式、伝統文化、技術などが育まれてきたことから、2011年に国連食糧農業機関(FAO)により、佐渡地域とともに日本で初めて世界農業遺産(Globally Important Agricultural Heritage Systems: GIAHS)に認定された(世界農業遺産活用実行委員会, 2013)。持続的な農林漁業が残されており、林業においては古くから伝わるアテ(アスナロの変種ヒノキアスナロ)の育成を継続し、自然と調和した適切な森林管理がなされている(武内, 2013)。

能登半島の先端部に位置する2市2町(輪島市、珠洲市、能登町、穴水町)は、奥能登地域と呼ばれる。当該地域の面積は1,130.06 km²で、県面積の約27%を占める(石川県HP)。奥能登地域では人工林率が50%を占め、主な構成樹種はスギ61.8%、アテ22.4%、ヒノキ4.8%、カラマツなどである。人工林の管理にあたり豊富な人工林資源を活用しつつ、能登森林組合を主体に森林施業を集約するとともに、複層林施業や長伐期施業を積極的に推進している(石川県農林水産部森林管理課, 2011)。

当該地域の潜在自然植生は、日本海に面した外浦側に落葉広葉樹林帯が成立し、七尾北湾に面した内

浦側に常緑広葉樹林帯が広がるとされる（福嶋・岩瀬，2005）。古池（1983）によれば，奥能登地域は植物地理学的に宝立山や高州山を中心としたブナクラス域と周囲のヤブツバキクラス域に区分され，そのヤブツバキクラス域は脊梁山地を境に外浦側と内浦側に小区分されている。外浦側に位置する輪島市輪島観測所（海拔5m）における2005～2014年の観測データ（気象庁HP）を基に算出した調査地のWIは97.4～105.3℃・月，CIは-4.4～-6.9℃・月であり，内浦側の輪島市三井観測所（海拔219m）において同期間の観測データを基に算出したWIは97.0～104.8℃・月，CIは-9.1～-6.5℃・月である。

Ⅲ. 方 法

1) 野外調査

1-1) 植生調査

調査地における野外調査は，奥能登地域に成立するスギ人工林を対象として2015年9月～10月にかけて実施した（図1）。奥能登地域の27箇所の林分に方形区（10m×10m）を設置し，植物社会学的手法による植生調査を行った。方形区の選定に際し，奥能登森林組合事務所にて有識者から調査可能な場所を聞き取った。奥能登地域では一定規模の面積を有する人工林が限られていることに加え，急峻な立地に成立していたため，アプローチが困難な場所が少なかった。方形区の設置にあたっては，スギの胸高直径が30cm前後であること，および下層植生が林床を覆うスギ人工林であることを条件とした。

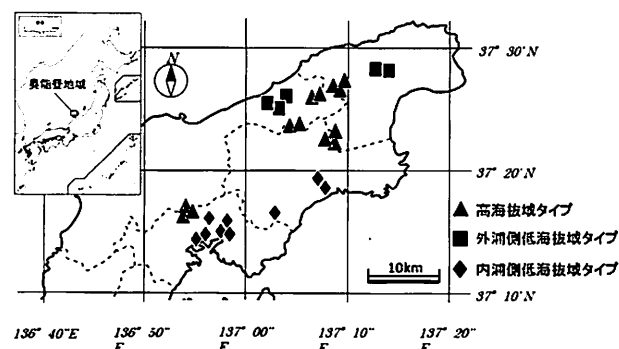


図1 奥能登地域の人工林における27方形区の位置と植生タイプの区分。

Fig. 1 The location of 27 quadrats in artificial forest in Noto Peninsula. Symbols represent types of undergrowth vegetation.

各方形区ではまず植生高を基に階層を区分し，階級ごとに地上高と植被率を調べた上で，個々の出現種について被度と群度をBraun-Blanquet（1964）に準じた基準に従って求めた。植物名は原則として植物和名-学名インデックスYListに従った。

1-2) 立地環境調査

種組成と立地環境との関係を明らかにするために，植生調査と同方形区内において以下の項目を測定した。

各方形区ではGPSを用いて緯度，経度，海拔を記録した。方位磁針により斜面方位を確認したうえで，デジタルクリノメーター（ハグロフ社，ECⅡ）により傾斜を測定した。土壌硬度は方形区内において均質な場所を選定し，山中式ポケット型土壌硬度計（P-173，藤原製作所）を用いて3回反復で測定した。腐植層の厚さはコンベックスを用いて測定した。このとき各方形区のリター層を除いた表土を20g採集して実験室に持ち帰り，土壌酸度（pH）と土壌電気伝導度（EC）をポータブルpH計（東亜ディーディーケー，HM-21P）とポータブル電導度計（東亜ディーディーケー，CM-11P）を用いて測定した。また，魚眼レンズ（シグマ，4.5mm F2.8 EXDC Circular Fisheye HSM）を用いて各方形区内の中央で高さ50cmの位置において全天空写真を撮影し，全天空写真解析プログラムCanopOn2.03c（竹中，2003）により天頂加重散乱光（SOC：Standard Overcast Sky）を算出した。

2) 解析方法

方形区の序列づけにDCA法（Detrended Correspondence Analysis，除歪対応分析）を採用し，解析にはPC-ORD Version5.5 for Windows（MjM Software Design）を用いた。本研究では，野外調査によって得られた176種のうち，全方形区の5%未満に相当する1方形区に出現した69種を偶出種とみなして除外した残りの107種を解析に用いた。種多様度指数には以下に示す2つの指数を用いた。Simpsonの多様度指数 D' （Simpson，1949）：

$$D' = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Shannon-Weiner関数 H' （Shannon and Weaver，1949）：

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

ただし、 p_i は種 i 相対優占度、 S は出現種数、 H' の単位には \ln を用いた。本解析では、 p_i はすべての出現種について求めた優占度 (Braun-Blanquet scale の中央値) の合計に対する種 i の優占度の割合とした。

IV. 結 果

1) 奥能登地域の人工林にみられる下層植生

出現総数として78科176種の維管束植物が確認された。その内訳は、シダ植物が22種、裸子植物が5種、被子植物が149種であった。

27方形区の種組成は、植物社会学的表操作により添付資料1のようにまとめられた。奥能登地域でみられた下層植生は、高海拔域タイプ、外浦側低海拔域タイプ、内浦側低海拔域タイプの3つの植生タイプに類型化された。各植生タイプにみられた環境傾度と林内構造、種多様性の差異を表1に示し、各植生タイプの特徴を以下に記載する。

1-1) 高海拔域タイプ (13方形区)

高海拔域タイプは外浦側および内浦側の海拔153～211mの地点 (平均海拔: 185.8±18.3m) に成立した植生タイプである。海拔は最も高く、WIは最も低い値を示し、ほかの2つの植生タイプとの間に有意差が認められた ($P < 0.01$, Tukey Kramer法; 表1)。スギの植栽樹の最大DBHは31.8～60.5cmと幅広かった。高木層 (植生高: 11.0～22.0m, 植被率: 70～95%) は、植栽されたスギのほか、アカマツが1方形区でのみ確認された (添付資料1)。亜高木層 (植生高: 7.0～9.0m, 植被率: 1～20%) は貧弱であり、ヤマグワが希に混交し、つる性木本のイワガラミやツタウルシが出現した。この層は、13方形区のうち3方形区でのみ確認された。低木層 (植生高: 1.4～3.0m, 植被率: 5～60%) はやや貧弱となり、オオバクロモジやウワミズザクラ、リョウブなどの低木や、イワガラミが高頻度でみられた。草本層 (植生高: 0.8～1.0m, 植被率: 30～100%) は、低木のカマツカやホツツジ、シダ植物のワラビ、つる性植物のイワガラミやツルアリドオシが確認された。出現種数は、26～59種/100m² (平均種数=39.8/100m²) と最も高かった。この植生タイプは、冷温帯に多く出現するホツツジ、

表1 3植生タイプの環境傾度と林内構造、種多様性の比較。値はすべて平均値 (最小値～最大値)。

Table 1 Comparison of meteorological data, topological data and stand structure, and species diversity.

植生タイプ	高海拔域タイプ	外浦側低海拔域タイプ	内浦側低海拔域タイプ
海 抜 (m)	189.3 (153～211)	91.2 (53～116)	80.3 (69～115)
傾 斜 (度)	18.4 (2.2～36.2)	16.4 (10.6～26.0)	20.3 (1.5～37)
WI (°C・月)	98.1 (96.0～99.6)	103.4 (102.1～105.3)	101.5 (99.8～104.8)
CI (°C・月)	7.2 (6.2～9.1)	5.0 (4.4～5.4)	7.6 (6.5～8.1)
地上高 (m)			
高木層	19 (11～22)	23 (22～25)	23 (20～25)
亜高木層	8 (7～9)	-	8.5 (7～10)
低木層	2.2 (1.4～2.5)	3.6 (2～5)	4.3 (3～6)
草本層	0.8 (0.8～1)	0.9 (0.8～1)	1.0 (0.8～1)
植被率 (%)			
高木層	84.2 (70～95)	93.0 (90～95)	83.3 (60～95)
亜高木層	7.3 (1～20)	-	4.0 (1～5)
低木層	22.5 (5～60)	26.3 (5～50)	45.6 (30～70)
草本層	60.8 (20～100)	70.0 (60～70)	72.2 (50～100)
種密度 (種/100m ²)	39.8 (26～59)	34.4 (28～37)	37.1 (25～54)
D'	0.60 (0.49～0.69)	0.53 (0.46～0.57)	0.62 (0.52～0.70)
H'	2.61 (2.02～3.38)	2.34 (1.69～2.68)	2.69 (2.21～3.11)

リョウブなどの木本やつる性木本のイワガラミといった種の出現によって特徴づけられた。種多様度指数は $D'=0.56$, $H'=2.61$ であった。土壌pHは4.12~5.64の酸性を示し、ほかの2つの植生タイプとの間に有意差が認められた ($P<0.01$, Tukey Kramer法)。

1-2) 外浦側低海拔域タイプ (5方形区)

外浦側低海拔域タイプは、外浦側で海拔53~116mの地点 (平均海拔: 90.8 ± 27.3 m) に成立が確認された。CIは最も低い値を示し、高海拔域タイプとの間に有意差が認められたが、内浦側低海拔域タイプとの間には有意差は確認されなかった ($P<0.01$, Tukey Kramer法; 表1)。スギの植栽樹の最大DBHは41.2~63.9cmであった。高木層 (植生高: 22.0~25.0m, 植被率: 90~95%) は、植栽されたスギのみで、ほかの種は確認されなかった (添付資料1)。亜高木層は確認されなかった。低木層 (植生高: 2.0~5.0m, 植被率: 5~50%) は、シロダモやウリノキ、シキミなどの木本が確認された。草本層 (植生高: 0.8~1.0m, 植被率: 60~80%) は、シャガやトキワイカリソウ、イワガネソウ、ヤブソテツ、オオアキギリなどの暖温帯に偏って出現する種が確認された。出現種数は、29~38種/100m² (平均種数=34.4種/100m²) と低い値を示した。種多様度指数は $D'=0.53$, $H'=2.29$ であった。

1-3) 内浦側低海拔域タイプ (9方形区)

内浦側低海拔域タイプは、内浦側で海拔14~115mの地点 (平均海拔: 80.3 ± 28.8 m) に成立した植生タイプである (表1)。スギの植栽樹の最大DBHは37.7~48.5cmであった。高木層 (植生高: 20.0~25.0m, 植被率: 60~95%) では、植栽されたスギのほか、つる性植物のサルナシが1方形区に出現した (添付資料1)。亜高木層 (植生高: 7.0~10.0m, 植被率: 1~5%) では、ヤマグワ、ヒノキアスナロ、シロダモ、つる性植物のサルナシ、ヤマノイモが希に出現した。この層は、9方形区のうち4方形区で確認された。低木層 (植生高: 3.0~6.0m, 植被率: 30~70%) では、ウリノキがすべての方形区で確認されたほか、ヤマコウバシやタブノキ、ウラジロガシ、ユズリハ、シロダモなどの暖温帯に出現する常緑性木本がみられた。草本層 (植生高: 0.8~1.0m, 植被率: 50~100%) では、ヤブツバキやチャノキが高頻度で確認されたほか、イワガネソウ、ヤブラン、オオアキギリなどの暖温帯に出現する種がみられた。出現種数は、26

~54種/m² (平均種数=37.1/100m²) とほかの2つの植生タイプの中間の値を示した。種多様度指数 ($D'=0.62$, $H'=2.69$) は、3つの植生タイプのなかで最も高い値を示した。また、土壌硬度は、0.23~0.58kg/cm²と3つの下層植生タイプの中で最低となり、高海拔域タイプとの間に有意差が認められた一方、外浦側低海拔域タイプとの間には有意差はみられなかった ($P<0.01$, Tukey Kramer法)。

2) DCAによる方形区の序列づけ

植生調査を行った27方形区は、低木層、草本層の出現種を用いたDCA解析により、座標平面上で序列づけられた (図2)。ここでは、DCAにおいて固有値の高い1軸 (固有値=0.644) と2軸 (固有値=0.400) を採用した。その座標平面上に植物社会学的な表操作により区分された植生タイプごとに記号を変えてオーバーレイした。また、軸ごとに方形区のスコアと環境変数および種多様度指数との相関を検討した (表2)。

1軸上では海拔と種数、落葉性植物の種数との間に正の相関が認められ、WI, CI, 最大胸高直径、土壌pHとの間に負の相関が認められた ($P<0.001$, Spearmanの順位相関)。これを反映して、1軸上の高スコア側に高海拔域タイプの多くが配列され、反対に低スコア側には外浦側低海拔域タイプと内浦側低海拔域タイプが配列された。

2軸上では土壌ECと土壌硬度、SOCとの間に正の

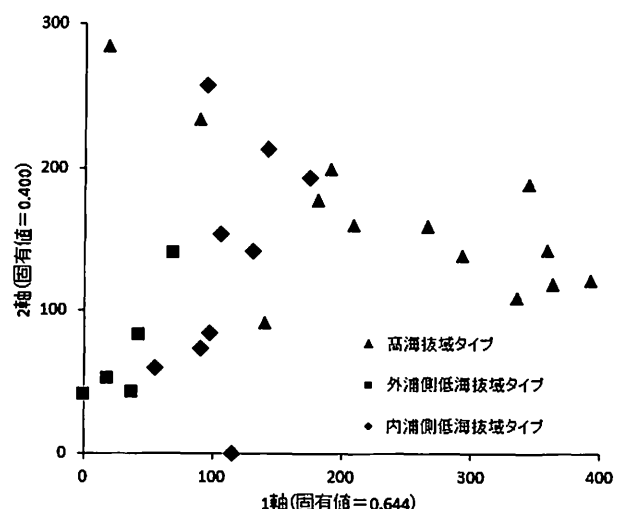


図2 DCA分析による27方形区の序列づけ。

Fig. 2 Ordination diagram of DCA of 27 quadrats data.

表2 DCAの軸のスコアと環境傾度、種多様度指数との相関。

Table 2 Correlations between DCA scores and parameters of stand characteristics.

	1軸	2軸
海拔	0.377 **	0.234
傾斜	0.243	0.197
天頂加重散乱光 (SOC)	0.126	0.308 *
暖かさの指数 (WI)	-0.616 ***	-0.177
寒さの指数 (CI)	-0.394 **	0.046
種数 (種/100m ²)	0.288 *	0.098
種多様度指数D'	0.094	0.111
種多様度指数H'	0.162	-0.048
常緑性植物の種数	-0.006	-0.284 *
落葉性植物の種数	0.284 *	0.249
土壌pH	-0.339 *	-0.197
土壌EC	0.225	0.516 ***
土壌硬度	0.273 *	0.313 *
腐植層の厚さ	0.157	0.128
植栽木の植栽密度	-0.021	-0.331 *
植栽木のペーサルエリア	-0.086	-0.268
最大胸高直径	-0.388 **	-0.034

相関が認められ、常緑性植物の種数や植栽密度との間に負の相関が認められた ($P < 0.001$, Spearmanの順位相関)。ここから、2軸の低スコア側に配列される外浦側低海拔域タイプや内浦側低海拔域タイプの一部では、常緑性植物の種数が高海拔域タイプに比べて多くなる傾向にあることが読み取れた。

DCAの結果、1軸上では左から外浦側低海拔域タイプ、内浦側低海拔域タイプ、高海拔域タイプの順に序列づけられた。なお、腐植層の厚さや、傾斜、種多様度指数には、1軸および2軸との間に相関がみられなかった。

3) 種組成の解析

下層植生の種組成について、生活形と種子散布型を考慮して植生タイプ間にみられる差異を解析した。

3-1) 生活形

植生タイプ間にみられる生活形の種数比較を図3に示す。高海拔域タイプでは、アオハダ、イヌザクラ、イロハモミジなどの高木種、ガマズミ、コブシ、ヤマツツジなどの低木種、およびタラノキ、アカメガシワ、ヌルデなどの先駆性樹種が多く出現することが確認された。これらの種の出現により、高木と低木の種数がほかの2つの植生タイプに比して多くなることが認められた。外浦側低海拔域タイプでは、イノデやジュウモンジシダなどのシダ植物が多く出

現することで特徴づけられた。内浦側低海拔域タイプでは、生活形の顕著な特徴は見出せなかった。

3-2) 種子散布型

植生タイプごとに種子散布型で区分した種数を比較した (図4)。高海拔域タイプでは、エゴノキやオオバクロモジ、カマツカなどの鳥散布型の種が多く出現した。外浦側低海拔域タイプでは、種組成は高海拔域タイプと異なるものの、種子散布型による区分では大きな違いはみられなかった。内浦側低海拔域タイプでは、チャノキ、ヤブツバキ、ウラジロガシなどの重力散布型の種が多く確認されたものの、その他の散布型に顕著な差はみられなかった。

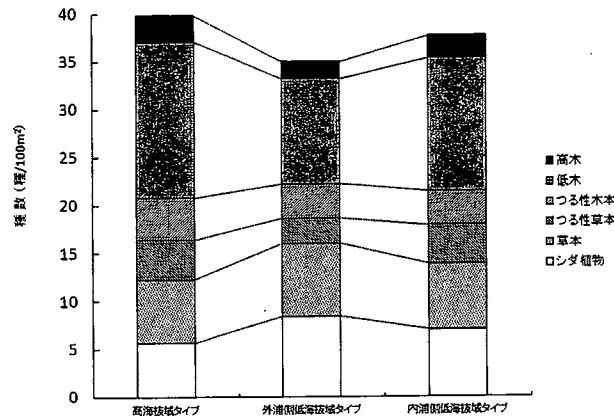


図3 3植生タイプ間にみられる生活形による種数の差異。

Fig. 3 Comparison of species density by lifeform of plant among three vegetation types.

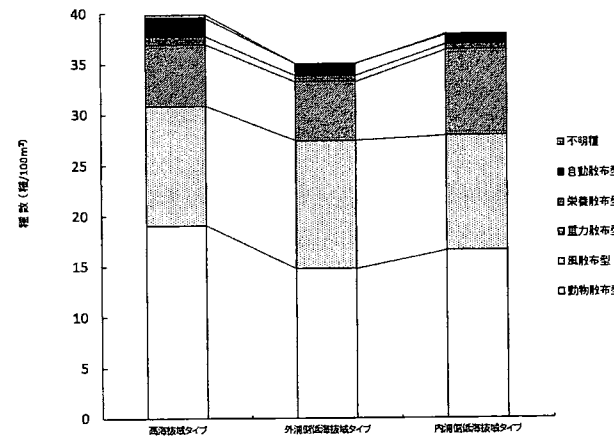


図4 3植生タイプ間にみられる種子散布型の種数の差異。

Fig. 4 Comparison of species density by seed dispersal of plant among three vegetation types.

V. 考 察

本研究では、石川県奥能登地域の人工林における下層植生について、立地と関連づけて明らかにすることを目的とした。人工林の林齢や土地利用の履歴に関しては詳細に調査できなかったものの、奥能登地域の人工林にみられる植生タイプ間の種組成の差異は、一義的に海拔に規定され、副次的に外浦側・内浦側に面する位置の差であることが明らかになった。

本研究で冷温帯に相当すると判断された高海拔域タイプは、脊梁を超えた内浦側の海拔150m以上の領域に広く分布していることが確認された。海拔が植生の成立に強く影響したものと考えられる。また、日本海に面する外浦側であっても、海拔およそ120m以下の低海拔域には暖温帯を構成する樹種の侵入が確認された。外浦側低海拔域タイプには南向き斜面に位置する調査区が含まれたことから、暖温帯を呈する潜在自然植生の立地（下田・奥田，2001）がみられたものと考えられる。加えて、冬でも林冠が覆われるスギ人工林では寒風が遮られることにより、林内のWIを維持して暖温帯を好む種が生育できた可能性が示唆される。本研究では外浦側低海拔域タイプのデータが少ないため、この点については改めて検証する必要がある。

植生タイプ間に生じた下層植生の種組成の差異についてより細かくみると、高海拔域タイプでは、周辺の広葉樹林から侵入した高木や低木の先駆性樹種が優勢となって下層植生を構成していた。小谷（2009）は、石川県加賀地方のスギ人工林に出現した種数は、標高が高くなるにつれて増加することを報告している。奥能登地域においても同様の結果となることが示された。外浦側低海拔域タイプにおいては、調査地が谷部に近接した湿性地であったことが影響し、湿性を好むコアカソ、エゾアジサイなどの低木、リョウメンシダ、ジュウモンジシダ、イノデなどのシダ植物が顕著にみられたと考えられる。内浦側低海拔域タイプでは、比較的多くの重力散布型が確認された。これは、ヤブツバキやウラジロガシといったこの植生タイプにのみ出現する重力散布型の種がみられたことによるものと考えられる。種子散布型による区分には、人工林周辺の広葉樹林の有無などの環境が影響を及ぼすことが考えられる。

管理が行き届かなくなった森林では、下層植生の欠如により水土保持機能の低下が懸念され（日本の里山・里海評価委員会，2012）、低木が極端に少ない状態では表土流亡が危惧されている（大原，2007）。この解決に向けて、林内の光環境をコントロールする必要性が指摘され、一例として間伐により林内光環境を改善することで下層植生の被度を高める方策が示されている（清野，1990；大原2007；清和，2013）。針葉樹人工林を管理するには、多様性を含めた下層植生構造の面から地形的な立地環境条件の違いを考慮することが望まれる（廣部ほか，2013）。複層林の育成をめざした人工林管理に向け、すべての地域で画一的な管理手法をとるのではなく、地理的条件や潜在自然植生、下層植生の状態などを考慮し、その土地に適合した管理を実施するのが肝要と考える。今後は複層林をめざす人工林管理に向け、伝統的な慣行施業を踏襲しつつも、各植生タイプの種組成や立地に配慮した綿密な森林管理の提案が求められる。本研究で得られた奥能登地域の人工林の下層植生に関する資料は、管理手法を検討する際に基礎的な情報の提供に貢献すると考える。

謝 辞：本研究を遂行するにあたり、ヒアリング調査にご協力いただいた能登森林組合本書事業部部長の中本幸夫氏をはじめ組合関係各位に厚く御礼申し上げます。金沢大学の中村浩二名誉教授には野外調査に際して便宜を図っていただいた。金沢大学国際学類の青木あい氏、中山雪枝氏および埼玉大学教育学部技術専修の飯島恵理氏には野外調査に助力していただいた。ここに記して謝意を表す。本研究は平成27年度金沢大学環日本海域環境研究センター全国共同利用研究（採択番号10）の支援により実施された。

文 献

- Braun-Blanquet, J., 1964: *Pflanzensoziologie: Grundzens der Vegetations-kunde*, 3. Springer-Verlag, Wien and New York. 865p.
- 福嶋 司・岩瀬 徹（編著），2005：図説 日本の植生．朝倉書店，東京，2-3．
- 平田晶子・上條隆志・中村 徹，2006：関東地方東部における人工林の種組成とその地理的分布．植生学会誌，23，

- 119-136.
- 廣部 宗・糸原まりな・近藤順治・音田高志・赤路康朗・牧本卓史・坂本圭児, 2013: 列状間伐4年後のヒノキ人工林における下層木本群落構造と立地環境－斜面方位による比較－. 森林応用研究, **22**, 7-14.
- 石川県農林水産部森林管理課, 2011: いしかわ森林・林業・木材産業振興ビジョン2011. 石川県, 13-57.
- 梶原規弘・塚本次郎・入田慎太郎, 1999: ヒノキ人工林における下層植生のタイプと土壌浸食危険度の関係. 日本林学会誌, **81**, 42-50.
- 小谷二郎, 2009: 多雪地帯のスギ人工林皆伐跡地において標高の違いが木本種の定着に与える影響. 森林立地, **51**, 69-76.
- 小谷二郎・高田兼太, 2000: 冷温帯のスギ人工林の下層での広葉樹のフェノロジー. 森林立地, **42**, 9-15.
- 古池 博, 1983: 石川県の植生と植物相. 「石川県植物誌」(石川植物の会編), 石川県, 14-39.
- 長池卓男, 2000: 人工林生態系における植物種多様性. 日本林学会誌, **82**, 407-416.
- 長池卓男, 2002: 森林管理が植物種多様性に及ぼす影響. 日本生態学会誌, **52**, 35-54.
- 日本の里山・里海評価委員会編, 2012: 里山・里海－自然の恵みと人々の暮らし－. 朝倉書店, 東京, 153-162.
- 沼田 真・中村俊彦, 1992: 気象・気候条件に係わる最近の植物生態学の研究. 日本生気象学会雑誌, **29**, 83-87.
- 大原偉樹, 2007: スギ人工林の間伐にともなう林床植生の変化と水土保持機能に関する研究の必要性. 森林総合研究所研究報告, **6**, 127-134.
- 林野庁編, 2015: 平成26年度 森林・林業白書. 林野庁, 東京, 48p.
- 齋藤 哲・小南陽亮・永松 大・佐藤 保・大谷達也, 2004: 暖温帯のスギ人工林内における広葉樹の混交状態. 九州森林研究, **57**, 83-86.
- 清和研二, 2013: スギ人工林における種多様性回復の階梯－境界効果と間伐効果の組み合わせから効果的な施業方法を考える－. 日本生態学会誌, **63**, 251-260.
- 清野壽之, 1990: ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究. 森林総合研究所研究報告, **359**, 1-122.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. 1963: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 144p.
- Simpson, E. H. 1949: Measurement of diversity. *Nature*, **163**, p.688
- 下田彰子・奥田重俊, 2001: スギ・ヒノキ人工林に成立する林床植生の実態. 横浜国立大学環境研紀要, **27**, 107-118.
- 世界農業遺産活用実行委員会, 2013: 「能登の里山里海」世界農業遺産構成資産調査報告書. 「能登の里山里海」世界農業遺産活用実行委員会, 2-155.
- 谷口真吾, 2007: 第8節 多様性を生み出す森林施業(針葉樹人工林). 主張する森林施業論 22世紀を展望する森林管理(森林施業研究会(編)), J-FIC, 東京, 215-228.
- 武内和彦, 2013: 世界農業遺産-注目される日本の里山-. 祥伝社, 東京, 107-109.
- 山川博美・伊藤 哲・作田耕太郎・溝上展也・中尾登志雄, 2009: 針葉樹人工林の小面積皆伐による異齡林施業が下層植生の種多様性およびその構造に及ぼす影響. 日本林学会誌, **91**, 277-284.
- 石川県 | 4.森林部
<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/wajimanourin/syuyou4.html>
 (最終閲覧日:2016年3月1日)
- 気象庁 | 過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (最終閲覧日:2016年3月1日)
- 植物和名－学名インデックスYList <http://www.ylist.info/>
 (最終閲覧日:2016年2月22日)
- 竹中明夫. 全天写真解析プログラムCaonopOn2 (2009年更新) takenaka-akio.cool.ne.jp/etc/canopon2/ (最終閲覧日:2015年11月3日)

添付資料 1 奥能登地域の人工林下層植生の組成表。生活形：T = 高木，S = 低木，LT = つる性木本，LH = つる性草本，H = 草本，F = シダ植物。出現層：T1 = 高木層，T2 = 亜高木層，S = 低木層，H = 草本層。

Appendix 1 Synoptic table on the undergrowth vegetation of Noto Peninsula. Life style: T = Tree, S = Shrub, LT = Liana tree, LH = Liana herb, H = Herb, F = Fern. Layer: T1 = Tree, T2 = Sub-tree, S = Shrub, H = Herb.

樹生タイプ		通し番号		海抜 (m)		方位 (°)		高海拔域タイプ													外浦側低海拔域タイプ										内浦側低海拔域タイプ									
生活	種子	出現	散布型	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27										
形	型	層	層	N30E	N30E	SW	S60W	S60E	S50W	S40W	S30W	S20W	S10E	S20W	E	E	S30W	S20W	S	E	E	E	N	N30E	N60W	N80E	N30W	S80E	S20E	S20E										
イワガラミ		LT	重力	T2	S					1-2	1-1				++																16									
ヒノキ		T	風	H	S					1-2	1-2	+	1-2	2-3	1-2	3-4	1-2																							
エゴノキ		S	動物	T2	S					2-2													1-1									++								
																																1								
オオカモメヅル		LH	風	H	S					1-1				2-3		1-1											2-3						13							
										+	++	+	++	++	++	++					++												+							
										++	++					+																	10							
ホツツジ		S	重力	H	S					++	++	++	++			1-2																	1-2	6						
リョウブ		S	風	H	S					2-3						2-3	++																	4						
										+	+					+																								
コブシ		S	動物	H	S											+																		3						
										++																														
マルバアオダモ		S	風	H	S											+																		7						
アオハダ		T	動物	H	S					+		+				+																								
エゾイタヤ		T	風	H	S																																			
ガマズミ		S	動物	H	S																																			
ヤマモミジ		S	風	H	S											+																								
タムシバ		S	動物	H	S																																			
タラノキ		S	動物	H	S																																			
シキミ		S	重力	H	S																																			
ヤマブドウ		LT	動物	H	S																																			
ミズキ		S	動物	H	S																																			
																										</														

添付資料 1 (つづき).
Appendix 1 (Continued).

種生タイプ 通し番号	生活 形	種子 散布型	出現 期	高瀬域タイプ								外浦側低海抜域タイプ								内浦側低海抜域タイプ								出現 回数
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ウラボシ オオカタツボスミレ ミツバハアケビ タガネソウ コハウチワカエデ ホオノキ キツリフネ コナラ ミヤマナルコユリ ミヤマイトボタ ツルアザミ マルバノホロシ 外浦側低海抜域タイプの観種 エゾアジサイ シヤガ オウクマルムグラ ヤウラシダ ヤマハツカ アカネ トキワイカリソウ イヌゲンソウ 外浦側低海抜域・内浦側低海抜域タイプの観種 シロダモ	F H LT H S S H T H S LT LH S H H H F H H H H F S	風 自動 動物 重力 風 重力 自動 重力 風 動物 動物 重力 栄養 動物 風 重力 重力 重力 自動 風 動物	H H H H H H H H H H H H S H H H H H H H H H H T2 S	1-2 ++ ++ ++ +<																								

[illegible]